

III-B77 中空式ケーブルボルトの現場適用試験

○大林組 正会員 山元 淳

大林組 正会員 二宮 正

志方西トラ建設共同企業体 田島 優

1. 試験の目的

ケーブルボルトは、全面接着型のロックボルトの鋼棒の替わりに、可とう性のある鋼製あるいは繊維性のより線を用いるもので、狭い坑内からでも長尺のボルトが打設できることに特色がある。

今回試験を行った後注入方式のための中空式ケーブルボルトは、特に上向きの長尺ボルトに対する確実な定着をねらったものであり、大断面トンネルにおける先進導坑からの先行支保およびパターンロックボルトの代替としての適用を考えているものである。そこで天端付近に打設するボルトの定着材の充填性の問題に対して、中空式ケーブルボルトと簡易布ハッカーによるシステムを提案し、その適用性を現場で検証した。さらに当試験では、定着材としてモルタルと膨張型セメントの2種類を使用し、その定着効果を確認することにした。

2. 試験概要

1)地質概要

今回、山陽自動車道志方西トラの下り線坑内において試験を行った。ケーブルボルトを打設した付近は、亀裂の発達した脆弱なD I級の地質を通過した直後であり、比較的硬質な火山礫凝灰岩を主体とし割目・湧水のみられる地質である。地山の弾性波速度は3.8km/s、岩石の一軸圧縮強度は550kgf/cm²程度である。

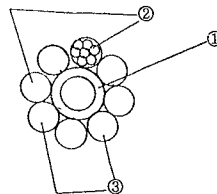
2)使用材料

当試験で用いたケーブルボルトの構造・特性は図-1、表-1のとおりである。また、定着材として用いたモルタルと膨張型セメントのポット試験・材令7日の一軸圧縮強度試験の結果を表-2に示す。

表-1 特性

径	よりピッチ	破断荷重	破断伸び
26.3mm	190mm	29.1t	4.8%

*荷重26tで芯ホースのつぶれ発生



- ①芯；ポリエステル 8×12
(内径×外径、φmm)
- ②ストランド 1×7
径 φ7.03 Sより
ピッチ50mm
- ③ストランド 1×7
径 φ7.03 Zより
ピッチ50mm

表-2 定着材品質

	ポット試験	σ_1	膨張圧
モルタル	12秒	20.6N/mm ²	---
膨張型セメント	19秒	33.5N/mm ²	3kgf/cm ²

図-1 構造

3)ケーブルボルト打設

当試験では削孔径65mmで削孔長4mを4本、6mを2本削孔し、ケーブルボルトを挿入した。天端付近のボルトに対しては落下防止として、水平方向のボルトに対してはスパーサーとして落下防止金具を取り付けた。挿入完了後、定着材としてモルタルと膨張型セメントを半数の3本ずつ注入を行った。図-2、図-3に打設パターン、注入施工図を示す。

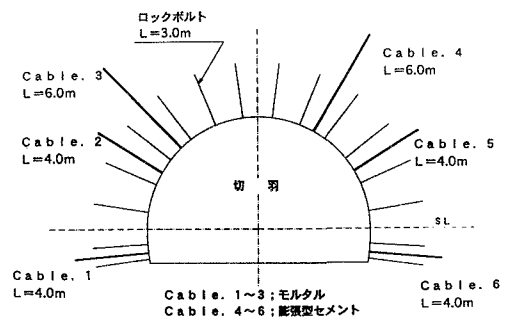


図-2 打設パターン

4)引抜き試験

ケーブルボルト打設3日後に引抜き試験を行った。引抜き試験方法は、図-4に示す通りで、支圧板、チェーンを

介してセンターホールジャッキにて引抜き荷重を25tfまで載荷した。荷重の測定には50tfロードセルを用い、変位の測定にはトンネル壁面およびセンターホールジャッキを支点として変位計にて測定を行った。

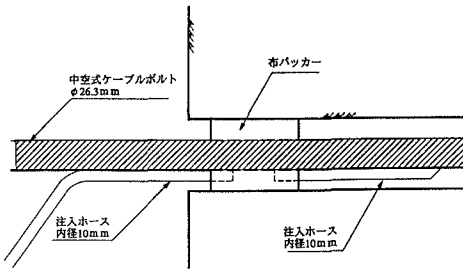


図-3 注入施工図

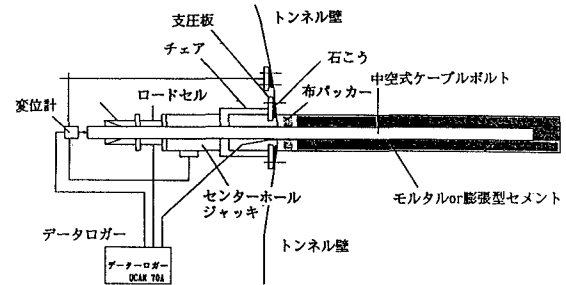


図-4 引抜き試験方法

3. 試験結果

1) ケーブルボルト打設

当地山において打設全数で削孔、ボルト挿入ともに支障なく施工できた。また、当試験ではケーブルボルト中空部からの定着材リターンによりボアホール内の充填を確認することとし、今回リターンが確認できたのはCable. 1, 5, 6の3本であった。なお、Cable. 4はパッカー部の破損により定着材が漏れだしたため注入ができなかった。

2) 引抜き試験

今回、定着材注入ができなかったCable. 4を除く5本において引抜き試験を行った。モルタルと膨張型セメントにおける荷重-変位グラフを図-5、図-6に示す。

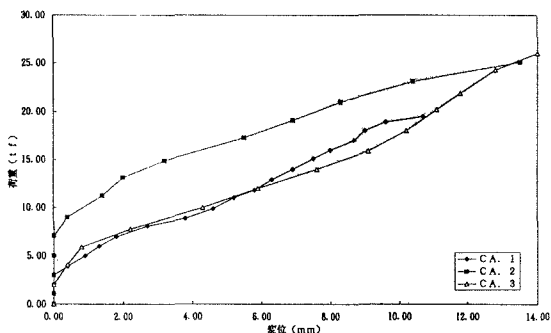


図-5 荷重-変位(モルタル)

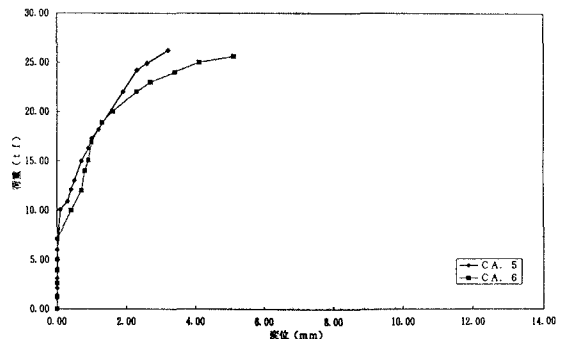


図-6 荷重-変位(膨張型セメント)

当試験では図-5、図-6のグラフから定着材による引抜き剛性に明確な差が生じていることがわかる。この原因として以下の3つが挙げられる。

- ①今回使用した後注入方式において膨張型セメントの粘性・流動性がモルタルより適切であったため、ボアホール内の充填性が良かった。
- ②膨張型セメントの膨張性（膨張圧 3 kgf/cm^2 ）により、ボアホール内においてケーブルボルトの拘束力が高まった。
- ③膨張型セメントの材令7日における一軸圧縮強度が 33.5 N/mm^2 であるのに対しモルタルは 20.6 N/mm^2 であり、圧縮強度差が打設3日後の引抜き試験でのボルトと定着材との付着力に影響を及ぼした。

4. まとめ

試験結果から、今回提案した中空式ケーブルボルトと簡易布パッカーのシステム自体に改良の余地はあるが、当試験で用いた膨張型セメントは、十分にこのシステムを適用できる。また定着材としてモルタルを使用する場合は、リターンが確認できないボルトがあったことから、ケーブルボルト内空部と注入用ホースの拡大およびモルタルの粘性・流動性を改善する必要がある。なお、本試験に際して、神鋼鋼線(株)、(株)ケー・エフ・シー、(株)小野田の皆様方に御協力を頂いた。ここに謝意を表する。